Über Entwicklung und Wachsthum

der

Schneidezähne bei Mus musculus.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät

der

Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

vorgelegt

von

Friedrich Roetter

aus Ansbach.

Leipzig

Wilhelm Engelmann

1889.

Separat-Abdruck aus: Morpholog. Jahrbuch. XV. Heft 3.

Einleitung.

Der Bau und die Entwicklung der Schneidezähne ist schon öfters als Gegenstand der Untersuchung behandelt worden und manche Forscher hatten bei der Beantwortung dieser Frage Gelegenheit, unsere Kenntnisse über diese Organe zu bereichern, indessen andere, die Wichtigkeit der ontogenetischen Betrachtung verkennend, zu auffallenden und unglaublichen Ansichten gelangten. Trotzdem in letzter Zeit v. Brunn die widerspruchsvollen Angaben der Litteratur korrigirt und ein den Thatsachen mehr entsprechendes Bild von der histologischen Beschaffenheit des persistirenden Schmelzorgans der Schneidezähne gegeben hat, erschien es mir doch angezeigt, die Frage nochmals aufzunehmen und auf Grund eigener Beobachtung eine Gesammtdarstellung, besonders auch der entwicklungsgeschichtlichen Processe bei der Bildung der Schneidezähne zu entwerfen.

Die nachfolgenden Untersuchungen wurden auf Veranlassung des Herrn Dr. Fleischmann im zoologischen Institut der Universität Erlangen im vorigen Jahre begonnen und während zwei Semester durchgeführt.

Ich erfülle nur eine angenehme Pflicht, wenn ich Herrn Prof. Selenka, der mir in liebenswürdiger Weise die Hilfsmittel des zoologischen Instituts zur Verfügung stellte, meinen innigsten Dank ausspreche.

Besonderen Dank aber schulde ich Herrn Privatdocenten Dr. Fleischmann, der mir bei Bearbeitung dieses Themas unverdrossen an die Hand ging und mit Rath und That meine Fortschritte überwachte.

Als Untersuchungsmaterial dienten zahlreiche Embryonen und ausgewachsene Exemplare der weißen Maus (Mus musculus var. albus) und der Waldmaus (Mus silvaticus), die für frühere Untersuchungen des Herrn Professor Selenka gesammelt und im Institute aufbewahrt waren. Dieselben waren in Pikrinschwefelsäure konservirt und in Alkohol gehärtet worden. Ganze Köpfe älterer Embryonen und ausgewachsener Thiere habe ich, bevor ich sie in Schnittserien zerlegte, unter Vermeidung von allzu starker Diffusion, in Wasser zurückgebracht und sie dann ein bis zwei Tage lang in 10%ige Salpetersäure gelegt, um sie nach der Angabe von Retzius zu entkalken.

Nachdem die Säure ausgewaschen und die Objekte in Alkohol übergeführt waren, wurden sie meist in Boraxkarmin durchgefärbt, hierauf längere Zeit mit angesäuertem Alkohol behandelt und durch allmähliche Steigerung des Alkoholgehaltes der Aufbewahrungsflüssigkeit entwässert. Danach wurden sie in Toluol aufgehellt und in Paraffin eingeschmolzen. Um Übersichtsbilder zu gewinnen, wurden auch junge Zahnsäckchen frei präparirt und in Kanadabalsam eingeschlossen.

Da A. v. Brunn[1] die jüngeren Arbeiten von Löwe und Gillavry einer eingehenden Kritik bereits gewürdigt hat, so erübrigt mir nur, einen kurzen Rückblick auf die früheren Untersuchungen zu werfen, bevor ich den Bericht über meine eigenen Befunde beginne.

Bereits 1835 hat Raschkow[2] ein innerhalb des Zahnfleisches sitzendes Schmelzorgan nachgewiesen und 1837 vermuthete Retzius[3], dem hauptsächlich an den Vorderzähnen des Biber und Hasen die Schmelzbedeckung des ganzen Zahnes auffiel, dass allen Nagern ein persistirendes Schmelzorgan zukomme. Er sagt: »Es ist bekannt, dass diese Zähne, besonders die Vorderzähne, die ganze Lebenszeit

---

[1] A. v. Brunn, Ausdehnung des Schmelzorgans und seine Bedeutung für die Zahnbildung. Archiv für mikr. Anatomie. Bd. XXIX.

[2] J. Raschkow, Meletemata circa Mammalium dentium evolutionem. Vratislaviae 1835.

[3] Retzius, Bemerkungen über den inneren Bau der Zähne mit besonderer Rücksicht auf den im Zahn vorkommenden Röhrenbau. Müller's Arch. 1837. pag. 542.

zu wachsen fortfahren, ohne sich im Alveolarende zu schließen, so dass ein solcher Zahn, welcher in Folge einer fehlerhaften Richtung nicht abgenutzt worden ist, mehrfach länger wird, als er zuerst aus der Alveole hervorgekommen war. Die Schmelzbildung bei diesen Zähnen geht so lange fort, als die Bildung des Zahnknochens, woraus man den Schluss ziehen darf, dass der Schmelz sich nicht allein innerhalb des eigentlichen Folliculus dentis bilde, sondern dass auch ein schmelzbildendes Organ die ganze Lebenszeit hindurch auf dem Boden der Alveole zu existiren fortfahren könne.

Späterhin machte Owen[1] auf das Schmelzorgan aufmerksam, während Erdl[2] sich nur mit dem anatomischen Bau des fertigen Zahnes beschäftigte.

Kölliker[3] erwähnt des Schmelzorgans und des fortwährenden Wachsthums der Pulpa der Schneidezähne der Nagethiere nur ganz kurz und bemerkt, dass nach eigener Untersuchung beim Kaninchen das Schmelzorgan denselben Bau während des ganzen Lebens aufweise, wie vor dem Durchbruch des Zahnes, nur dass das Gallertgewebe fehle. Die eingehendsten Untersuchungen über dieses Thema wurden von Wenzel[4] gemacht. In dieser außerordentlich genauen Arbeit giebt derselbe im Allgemeinen die richtige Beschreibung der später zu erörternden merkwürdigen Verhältnisse. Die abweichenden Angaben, welche in den neueren Untersuchungen sich finden, erklären sich nur durch die Hilfe einer vervollkommneteren Technik, als sie Wenzel zu Gebote stand.

I. Die Anlage der Schneidezähne.

Ich will gleich zum Eingang bemerken, dass die folgende Darstellung sich nur auf die Schneidezähne des Unterkiefers bezieht, um Verwechselungen und Schwierigkeiten der Bezeichnung zu vermeiden.

Als jüngstes Stadium der Zahnanlage finden wir in der Mundhöhle der weißen Maus eben so wie bei der Entwicklung der Säugethierzähne überhaupt, die Zahnfurche, welche als eine Einstülpung

[1] Owen, Odontografy. pag. LXII und 399.

[2] M. Erdl, Untersuchungen über den Bau der Zähne bei den Wirbelthieren, insbesondere bei den Nagern. Abhandlungen der math.-physik. Klasse der Akademie der Wissenschaften zu München. Bd. III. 1843.

[3] Kölliker, Mikr. Anatomie. Bd. II. 1852. pag. 117.

[4] Wenzel, Untersuchungen über das Schmelzorgan und den Schmelz, insonderheit bei den dauernd wachsenden Zähnen der Nagethiere. Archiv für Heilkunde. 1868.

des Mundhöhlenepithels entsteht. Dieselbe setzt sich aber hier, im Gegensatz zur Zahnanlage anderer Thiere, nicht in die Furche fort, von welcher aus sich die Backzähne entwickeln.

Die Schneidezähne der weißen Maus entstehen also aus einer isolirten Epitheleinbuchtung, die an der vorderen inneren Seite des Unter- bezw. Oberkiefers halbmondförmig gebogen liegt und den Mutterboden für die beiden Schneidezähne darstellt. Vom Boden dieser aus Ektodermzellen bestehenden Rinne senkt sich alsbald ein (bezw. zwei) schmaler Fortsatz in das unterhalb liegende Bindegewebe der Unterkieferanlage herab, der als Schmelzkeim bekannt ist. Bei den Schneidezähnen wächst derselbe nicht gerade in die Tiefe vor, sondern er ist schräg nach hinten und außen gerichtet. Ein Vergleich mit der Wachsthumsrichtung der Backzahnanlagen (s. Taf. XVII Fig. 1 und 2) zeigt bei diesen ein ähnliches Verhalten. Man kann daher mit gutem Rechte behaupten, dass die erste Anlage der Schneide- und Backzähne der weißen Maus in völlig entsprechender Weise geschehe. Es existirt zwischen den beiden Zahnarten, die später in auffallender Weise unterschieden zu sein scheinen, bei der ersten Anlage eine bedeutende Ähnlichkeit und ich werde im Verlauf der Darstellung nachweisen, dass sich auch im weiteren Entwicklungsprocesse mannigfache Homologien erkennen lassen.

Schon in dem frühen Stadium, wo vom Mundhöhlenepithel eine ganz geringe Einsenkung gegen die Kieferanlage gerichtet ist, lässt sich unterhalb derselben eine Verdichtung des Mesodermgewebes erkennen, indem dessen Zellen sich enger zusammendrängen und dieser Stelle eine erhöhte Färbbarkeit verleihen; sie erscheint im Querschnitte wie ein halbmondförmiger Hof. Das ist die erste Anlage der Zahnpapille.

Der Schmelzkeim breitet sich über die Mesodermverdichtung zunächst stempelförmig aus, um sie später als schalenförmige Bedeckung zu umfassen. Nun wächst die Papille entsprechend der Ausdehnung des Schmelzkeimes ebenfalls in die Länge und zwar gegen den Kieferwinkel zu; weil jedoch ihre Wachsthumsenergie bedeutend geringer ist als die des Schmelzkeimes, so wird sie durch die rasche Ausbreitung des letzteren überholt und glockenförmig von ihm überdeckt. So entsteht die Schmelzkappe.

Wenzel vermuthet, dass das embryonale Schmelzorgan nicht wie bei anderen Zähnen den Zahnkeim, d. h. die Zahnpapille, von allen Seiten her kuppelförmig überdecke, sondern sich nur an der

vorderen ventralen Seite vorfinde, d. h. an der Stelle, wo er am ausgewachsenen Zahn das persistirende Schmelzorgan nachgewiesen. Allein v. Brunn hat schon mit Bestimmtheit angegeben, dass der Schneidezahn ein kappenförmiges Schmelzorgan mit gleichmäßiger Ausbreitung an der vorderen und hinteren Fläche besitzt. Seine Zeichnungen beweisen unzweifelhaft, dass der Schneidezahn hierin nicht von der allgemeinen Regel abweicht.

Was nun die Zahnpapille betrifft, welche später die Dentinbildung übernimmt und desshalb auch Dentinkeim genannt wird, so zeigt sich ihre erste Anlage, wie oben erwähnt, als dunkler, glockenförmiger Hof um den Grund des Schmelzkeimes. Während nun ein Theil, und zwar der mittlere dieser Anlage, papillenartig dem Schmelzkeim entgegenwächst, wächst der äußere Rand der unten verbreiterten Papille nach oben und umgiebt den Dentinkeim und das kuppelförmig sich über diesen ziehende Schmelzorgan mit einer Bindegewebshülle, welche das Zahnsäckchen nach außen abgrenzt. Nur zu Anfang der Zahnbildung ist dieses Zahnsäckchen deutlich ausgeprägt; später, bei weiter vorgeschrittener Zahnanlage, lässt sich eine kapselartige Bindegewebslage um dieselbe nicht mehr deutlich abgrenzen.

Das Zahnsäckchen der Schneidezähne bewahrt auch weiterhin seinen schräg nach hinten gerichteten Verlauf, der schon in der ersten Anlage der Schmelzkappe erkennbar war. Es stellt einen langen cylindrischen Schlauch dar, der gegen die Ventralseite konvex gebogen ist, während seine konkave Krümmung aufwärts gegen die Mundhöhle geöffnet ist. Da die äußere Bindegewebslage des Säckchens das vordere Ende desselben nicht umgiebt, so bleibt es hier durch einen schmalen Fortsatz, den Hals des Schmelzorgans, mit dem Epithel der Mundhöhle in Verbindung. Während der Hals des Schmelzorgans bei der Bildung der Backzähne etwas zur Seite gedrängt und dünner wird, um beim Durchbruch zu Grunde zu gehen, bleibt er bei den Schneidezähnen auch noch nach dem Durchbruch derselben deutlich erhalten und vermittelt dann die Verbindung des persistirenden Schmelzorgans mit dem Mundhöhlenepithel. Die unterhalb des Halses liegende Spitze der Zahnanlage besitzt eine halbmondförmige Einbuchtung, welche wahrscheinlich die Anlage der Krone bezw. der Kaufläche darstellt.

Das lange Zahnsäckchen liegt während früher Embryonalzeit ausschließlich im Mesoderm der Unterkieferanlage auf der lateralen Seite des Unterkieferknorpels und ist nur durch ein schmales Bindegewebsseptum vom Knorpel getrennt. Das Säckchen reicht im

Unterkiefer etwa bis zum Winkel desselben, durchzieht also fast die ganze Länge des Unterkiefers; im Oberkiefer hingegen ist es von vorn herein bedeutend kürzer.

II. Die histologische Differenzirung der Zahnanlage.

Nachdem die Schmelzkappe die Papille allseitig umwachsen hat, stellt sie eine ganz solide, cylinderförmige Hülle derselben dar, welche aus mehrfachen Schichten ektodermaler Zellen besteht. Allein bald treten neue Differenzirungen in dem Zellmaterial der Schmelzkappe auf und führen dahin, dass man deutlich drei verschiedene Zellformen unterscheiden kann.

Die inneren an der mesodermalen Zahnpapille anstoßenden Zellen verlängern sich zu schmalen, sechsseitigen Prismen und bilden von nun ab das während des ganzen Lebens bestehenbleibende innere Schmelzepithel, während die Elemente in der äußersten Schicht der Schmelzkappe zu flachen Zellplättchen sich umgestalten, die als äußeres Schmelzepithel bezeichnet werden. Zwischen äußerem und innerem Schmelzepithel liegen als Füllmasse der soliden Schmelzhaube mehrere Lagen von Zellen ohne besonders deutliche Schichtung, die ich kurzweg als Stützzellen bezeichnen will.

Das innere Schmelzepithel scheint in jüngeren Schmelzkappen aus mehreren Lagen cylindrischer oder besser gesagt kegelförmig in einander geschobener Zellen zu bestehen. Ich bin jedoch nicht ins Klare gekommen, ob ein solches mikroskopisches Bild in Folge eines schrägen Schnittes durch die gebogene Zahnanlage entsteht, oder ob wirklich die Lage der Schmelzzellen im Anfang mehrschichtig ist.

Das äußere Epithel weist anfänglich Zellen von mehr oder weniger kubischer Form auf, deren Tendenz auf die Abplattung gerichtet ist. Je älter die Zahnanlage, desto platter erscheinen diese Zellen.

Es ist bekannt, auch kann man dies auf Schnitten durch junge Mausköpfe sehr leicht vergleichen, dass bei allen anderen Zähnen, deren Schmelzoberfläche einmal in ihrer definitiven Größe angelegt wird und sich nach dem Durchbruch des Zahnes nicht mehr vergrößern kann, die Stützzellen der Schmelzkappe eine Umformung erleiden. Sie führt dahin, dass die epitheliale Ordnung derselben vollkommen verloren geht und die Stützzellen selbst, durch Abscheidung von Flüssigkeit von einander getrennt, eine maschen- oder wabenförmige Anordnung erhalten. Von manchen Autoren wurde

dies Gebilde als Schmelzpulpa bezeichnet; im Allgemeinen hat man diesen Process als gallertige Entartung des Schmelzorgans betrachtet und das aus der Umwandlung entstehende Gewebe als eine besondere Art, als Gallertgewebe aufgefasst. Es ist wahrscheinlich, dass die besprochene Umwandlung der Schmelzstützzellen eine besondere physiologische Bedeutung hat und vielleicht die sekretorische Thätigkeit der eigentlichen Schmelzzellen unterstützt, indem sie denselben reichlich eiweißhaltige Flüssigkeit und Kalksalze zuführen. Wenn der Zahn ausgebildet und dem Durchbruch nahe ist, verliert die Schmelzgallerte ihren Reichthum an Flüssigkeit und geht während des Durchbruches zu Grunde. Da die gallertige Entartung der Schmelzkappe eine ganz allgemeine Erscheinung bei der Entwicklung der gewöhnlichen Schneide- und Backzähne ist, so wird dieser Process wahrscheinlich bei Bildung des Schmelzes eine sehr wichtige Rolle spielen.

In der Schmelzkappe der Schneidezahnanlage der Maus jedoch tritt eine solche gallertige Umbildung nicht ein; der histologische Differenzirungsprocess ist hier total verändert. Wohl lässt sich die Ursache der Modifikation verständlich machen durch den Hinweis auf die bedeutende Länge des Zahnsäckchens, die es ein für alle Mal unmöglich macht, dass das ganze Schmelzorgan beim Durchbruch des Zahnes abgestreift werde. Denn da die Schmelzkappe in der langen Kieferalveole sicher geborgen ist, so ist sie den beim Durchbruch des Zahnes erfolgenden mechanischen Störungen ganz entzogen und kann zu einem dauerhaften Gewebe umgebildet werden, das während des ganzen Lebens erhalten wird. Eine vergleichende Umschau in den Gewebsarten der Säugethiere lehrt ferner, wie wenig ein stark mit Flüssigkeit infiltrirtes Gewebe, ähnlich dem Gallertgewebe des Schmelzkeimes oder dem Gewebe des Nabelstranges den Bedingungen der Lebensprocesse im Säugethierkörper entspricht. Aus diesen Gründen muss in dem persistirenden Schmelzorgan der Nagezähne die Umbildung der Stützzellen in gallertiges Wabenwerk unterbleiben.

Verfolgen wir nun näher die Differenzirung der Stützzellen in einem Schneidezahnsäckchen, das fast die ganze Länge des Unterkiefers durchwachsen hat. An demselben ist ein merklicher Unterschied in der Dicke der Schmelzkappe zu bemerken, da ihre dorsal gebogene konkave Wand viel dünner geworden ist als die ventrale konvexe Wandung. An der dorsalen Seite liegen zwischen äußerem und innerem Schmelzepithel nur ein bis zwei Schichten von Stützzellen, unten jedoch drei bis vier Lagen. Je älter die Schmelzkappe

wird, desto mehr verdünnt sich deren obere Wand, bis sie zu einer einschichtigen Zelllage geworden, die nur schwer nachweisbar ist. Sie mag zunächst außer Acht bleiben, um nur die Differenzirungen in der ventralen Wand der Schmelzkappe hervorzuheben. — Unterhalb des inneren Schmelzepithels wird schon sehr frühe eine gute epithelial geordnete Schicht von kubischen Zellen erkennbar, die durch ihre stärkere Färbbarkeit ausgezeichnet sind. Fig. 5 illustrirt diese Angabe.

Diese Schicht, welche ich kurzweg als kubisches Stützepithel des Schmelzorgans bezeichnen will, bleibt definitiv erhalten, so dass sie auch am bleibenden Schmelzorgan leicht nachzuweisen ist. Die Ausbildung des einschichtigen Stützepithels erfolgt aber nicht bloß in der Schmelzkappe der Nagezähne, sondern es lässt sich auch im Schmelzorgan der Backzähne bei der weißen Maus eine entsprechende Zellschicht unterhalb der Schmelzzellen erkennen. Man hat dieselbe schon frühzeitig kennen gelernt und Hannover[1] hat sie bereits als Stratum intermedium bezeichnet; seitdem wurde sie bei verschiedenen Säugethieren immer wieder beschrieben. Man darf sie desshalb als allgemein vorkommende Bildung betrachten, die nur in der Stärke ihrer Entwicklung verschiedene Modifikationen aufweist. Während nämlich in den Schmelzkappen der Maus — mögen sie nun Back- oder Nagezahnanlagen überdecken — stets nur ein einschichtiges Stratum intermedium vorhanden ist, finden sich z. B. bei der Katze und beim Schaf mehrfache Zelllagen. Aus dem allgemeinen Vorkommen darf man wohl eine wichtige Funktion dieses Stützepithels ableiten. Zwischen demselben und dem äußeren Schmelzepithel liegen immer noch mehrere Lagen von Stützzellen. Eine Differenzirung in leicht erkennbare Schichten mit epithelialer Ordnung tritt in jenen nicht ein, doch beherrscht jedenfalls ein bestimmtes Gesetz die gegenseitige Lagerung in ihnen. Obwohl ich darüber keine präcisen Angaben machen kann, muss ich doch an dieser Anschauung festhalten, da, wie sich später zeigen wird, bestimmt geformte Theile des Schmelzorgans aus den in Rede stehenden Stützzellen hervorgehen. — Entsprechend der fortschreitenden Entwicklung des Schneidezahnes, besonders seines Wachsthums in die Dicke, nimmt die Stärke der Stützzellenlage ab. Ihre weitere Umbildung muss jedoch im Zusammenhange mit dem Schicksal des äußeren Schmelzepithels betrachtet werden.

[1] Hannover, Die Entwicklung und der Bau des Säugethierzahnes. Nova Acta Acad. Caes. Leop. Nat. Curios. 1856.

Schon oben habe ich die platte Form der Zellen im äußeren Schmelzepithel hervorgehoben und bemerkt, dass jene sich an älteren Schmelzkappen immer mehr abflachen. Unterdessen verändert sich auch die Gestalt des gesammten äußeren Epithelblattes an der Ventralseite. Während dasselbe in frühem Entwicklungsstadium als glatte zellige Membran das cylinderförmige Schmelzorgan umhüllte, erheben sich in späterer Zeit kleine Falten und Leisten (s. Taf. XVII Fig. 3) auf derselben, welche der Schmelzkappe bei oberflächlicher Betrachtung ein gebuchtetes Aussehen verleihen. Ein Vergleich mit den nebenliegenden Backzahnsäckchen lässt den gleichen Vorgang auch an diesen erkennen. Dort ist besonders oberhalb der Krone die äußere Epithelwand stark gefaltet und in ihre Faltenräume sieht man mesodermales Gewebe eindringen (vgl. Kölliker, Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere. 1879. pag. 816). Man darf vielleicht in der Gestaltveränderung der äußersten Zelllage des Schmelzkeimes einen histologischen Vorgang erblicken, der die Grundlage für eine bessere Ernährung der Schmelzpulpa und dadurch für eine raschere Funktion der Schmelzzellen selbst liefert. Jedenfalls wird durch die Faltenbildung die Oberfläche der Schmelzkappe bedeutend vergrößert und einer reichlicheren Umspinnung derselben durch Blutgefäße Gewähr geleistet.

Unterhalb des gefalteten äußeren Schmelzepithels liegt die vorhin besprochene Lage der Stützzellen. Diese erhalten ebenfalls mehr flache Formen und folgen dann in schmiegsamer Weise den Faltungen der äußeren Epithelmembran, indem sie sich deren Falten und Buchten anlegen. Der Faltungsprocess wirkt darum auch auf die Ordnung der äußeren Stützzellen und ruft an ihnen eine leistenförmige Zusammenlagerung hervor.

Die Schmelzkappe dieses Entwicklungsstadiums besteht, um kurz zu rekapituliren:

1) aus dem cylindrischen Schmelzepithel, das an der Zahnpapille ansteht;
2) dem darunter liegenden einschichtigen kubischen Stützepithel;
3) den in Leisten zusammengeschobenen äußeren Stützzellen;
4) der gefalteten äußeren Schmelzepithellage.

III. Die Ausbildung des persistirenden Schmelzorgans.

Die Schmelzkappe bildet um die mesodermale Zahnpapille einen allseitig geschlossenen cylindrischen Mantel, der bis an den Grund

derselben reicht. Wenn der Zahn jedoch das mittlere Maß seiner Größe erreicht hat, zeigen sich die Zellenlagen der Schmelzkappe, welche dorsal die Zahnpapille bedecken, nicht so dicht zusammengedrängt und nicht zu so bedeutender Größe entwickelt als die Schmelzzellen auf der ventralen Seite, wo später das persistirende Schmelzorgan sich befindet. Während sich ventralwärts das innere Schmelzepithel zu langen Cylinderzellen differenzirt, unterbleibt dorsal der gleiche Sonderungsprocess; es mangelt von Anfang an den auf der dorsalen Seite der Papille gelegenen Zellen die cylindrische Gestalt, und die weitere Entwicklung in der dorsalen Wand der Schmelzkappe führt zu einer weitschichtigeren Lagerung und Verkleinerung der Zellen. Darum entsteht, sobald man ältere Zahnsäckchen oberflächlich studirt, der Eindruck, als sei die ganze dorsale Hälfte der Schmelzkappe geschwunden, während die ventrale Hälfte in hohlrinnenartiger Form bestehen geblieben sei, um in ihre Funktion als lebenslänglicher Schmelzbildner einzutreten. v. Brunn giebt an, dass sowohl an der hinteren wie an den Seitenflächen des Schneidezahnes das Schmelzepithel, mit Ausnahme des am weitesten nach hinten gelegenen Theiles, vom Bindegewebe durchwachsen werde, welches vom Knochen bis zur oberflächlichen Schicht des neugebildeten Dentins gehe und die Verbindung beider herstelle. Er hebt diesen Durchwachsungsvorgang ganz besonders hervor, weil eine einzige Analogie sich nur noch bei der Bildung des Corpus luteum im Eierstock zwischen epithelialen Granulosazellen und dem Bindegewebe des Follikels nachweisen lasse. Genauere Beobachtung zeigt jedoch, dass eine solche Auffassung nicht festgehalten werden kann. Da sich in der dorsalen Wand der Schmelzkappe die innerste Lage nicht zu Cylinderzellen differenzirt, welche die Funktion der Schmelzbildung übernehmen könnte, so erfolgt auch die übrige histologische Umbildung in etwas anderer Weise als an der ventralen Seite und führt schließlich zu einem morphologisch verschiedenen Endresultat. Die Verschmälerung der dorsalen Schmelzkappe erfolgt hauptsächlich dadurch, dass ihre Zellen immer platter werden und so dünnere Zelllagen erzeugen. Es herrscht — ich möchte dies besonders hervorheben — in der dorsalen Wand der Schmelzkappe die gleiche Tendenz zur Abplattung, die oben schon an der ventralen Wand der Kappe nachgewiesen wurde, und der einzige Unterschied im Verlauf des gleichen Processes an den beiden verschiedenen Regionen ist nur der, dass in der unteren Wand zwei Zelllagen unter seine Herrschaft gebracht werden, nämlich das äußere Schmelz-

epithel und die äußeren Stützzellen, während an der oberen Wand der ganze Zellbestand abgeflacht wird. Dadurch erfolgt auch eine Änderung der Anordnung der Zellen, denn die früher dichter gedrängten cylindrischen Zellen werden in Folge der seitlichen Ausdehnung, welche ihr Plasmaleib durch die Abplattung erfährt, weiter aus einander geschoben. Als Endresultat erscheint die Schmelzkappe an der Dorsalseite zu einer dünnen Hülle der bereits mit Dentin umlagerten Zahnpapille zusammengedrückt, während sie an der ventralen Seite rinnenförmig verdickt, das persistirende Schmelzorgan darstellt. In gleichem Maße, wie sich nun auf der Oberfläche der Papille durch die Thätigkeit der Odontoblasten Dentin ablagert, verdünnt sich die dorsale Wand der Schmelzkappe, bis schließlich nur noch eine einschichtige Lage platter Zellen an die frühere Gegenwart einer Schmelzkappe auf der dorsalen Seite erinnert.

Dieser Darstellung zufolge kann von einem Durchwachsen des dorsalen Theiles durch Bindegewebe in der Weise, wie es v. Brunn annimmt, nicht die Rede sein. Ich möchte bemerken, dass der exakte Nachweis der abgeplatteten dorsalen Schmelzkappe nicht leicht gelingt, da ich selbst lange Zeit mich von deren dauernder Erhaltung nicht überzeugen konnte, obwohl ich aus theoretischen Gründen deren Anwesenheit auch am ausgebildeten Zahn längst fordern musste. Letztere sollen in einem späteren Kapitel über das Wachsthum der Schneidezähne erörtert werden.

Auf Grund meiner Beobachtungen kann ich mit Entschiedenheit die Behauptung vertreten, dass bei den dauernd wachsenden Zähnen der Nagethiere die ganze Schmelzkappe während des Lebens erhalten bleibt.

Es erübrigt nur noch den Bau des funktionirenden Schmelzorgans zu beleuchten (s. Taf. XVII Fig. 4). Dasselbe liegt während des ganzen Lebens der konvexen Wand des Schneidezahnes an und besitzt den gleichen Aufbau aus vier Schichten, dem inneren Schmelzepithel, dem kubischen Stützepithel, den Stützzellen und dem äußeren Schmelzepithel, welche sich bereits frühzeitig in der embryonalen Schmelzkappe ausbildeten.

Das innere Schmelzepithel besteht aus einer einschichtigen Lage von langgestreckten, prismatischen Zellen, deren Basis breiter ist als die obere, den Schmelz abscheidende Fläche. Indem die Zellen mit ihren Flächen dicht an einander liegen, gewinnt das ganze Schmelzepithel eine radiale Ordnung seiner Elemente, d. h. die Zellen stehen alle konvergirend auf der Schmelzfläche des Schneidezahnes.

Der ovale Zellkern liegt im unteren Drittel der Zelle nahe der Basis.

Durch genauere Untersuchungen ist die ältere Anschauung, dass die Schmelzprismen direkt durch Umwandlung der Schmelzzellen, welche verkalken sollen, entstehen, direkt widerlegt. Es bedarf kaum besonderer Erwähnung, dass im persistirenden Schmelzorgan der Schneidezähne mit Leichtigkeit diese Beobachtung gemacht werden kann. Denn auf wohlgelungenen Schnitten sieht man deutlich je einer Schmelzzelle ein Schmelzprisma aufsitzen, das als Sekret derselben entstanden sein muss. Und die Kontinuität der Schmelzzellenlage lässt sich durchs ganze Organ sicher nachweisen.

Unterhalb derselben liegt eine zweite epitheliale Lage von kubischen Zellen, das kubische Stützepithel, auf welchem die Schmelzzellen direkt aufsitzen. Dasselbe dient wahrscheinlich der Ernährung der Schmelzzellen, vielleicht auch als Mutterboden für die Zellen, welche als Ersatz abgenutzter Schmelzzellen in die Schmelzzellenlage eingefügt werden müssen. Dass das kubische Stützepithel eine gewisse Rolle für die Funktion der Schmelzzellen habe, schließe ich desshalb, weil dasselbe, wie oben erwähnt, auch als Grundlage der Schmelzzellenschicht in der Schmelzkappe der Backzähne sich nachweisen lässt; auch seine Erhaltung während des ganzen Lebens spricht für diese Auffassung.

Außer den eben besprochenen zwei Schichten waren in dem embryonalen Schmelzorgane noch zwei andere deutlich zu unterscheiden, aber in dem fertigen Organe gelingt die Trennung derselben nicht mehr; ich muss darum die Stützzellen und das äußere Schmelzepithel im Zusammenhang betrachten und ich werde der Einfachheit halber ihre Masse als Lage der Stützzellen bezeichnen.

Während der Differenzirung der Schmelzkappe konnte man gleichzeitig zwei verschiedene Processe der histologischen Umbildung unterscheiden: die inneren an die Papille stoßenden Zellen blieben in zwei epitheliale Lagen geordnet, hingegen die peripher gelegenen Zellen unter Abflachung ihres Zellleibes die Ordnung verloren und einer Gruppirung zu Leisten oder Falten unterthan wurden. Durch die Abplattung der Zellen muss natürlich die äußere Wand der Schmelzglocke ganz bedeutend dünner erscheinen. Dies springt besonders in die Augen, wenn man die enorme Länge der Schmelzzellen und auch die ansehnliche Größe der Zellen des kubischen Stützepithels vergleicht. Allein dieser Zustand ist kein bleibender, die zeitweilig abgeplatteten Zellen nehmen wiederum an Volumen zu

und zeigen dann im persistirenden Schmelzorgan volle kubische Gestalt. Dadurch sind die Unregelmäßigkeiten der äußeren Oberfläche der Schmelzglocke, die im mittleren Stadium ihrer Entwicklung eine nicht sehr bedeutende Höhe erreichten, viel auffallender geworden und man darf beim ausgebildeten Schmelzorgan wirklich von »Stützleisten« sprechen, die der Unterseite der Stützepithelzellen aufsitzen und in das Bindegewebe der Alveolenhöhle eintauchen. Diese Stützleisten sind (vgl. Fig. 4) ungefähr 3—5 Zellen hoch, 2—3 Zellen breit. Ihr Verlauf ist unregelmäßig gekrümmt und ihre gegenseitige Entfernung scheint durch keine strenge Regel bestimmt zu sein. Auf dem Querschnitte treten sie als ungleich geformte Zapfen entgegen, deren mannigfaltige Form auf den unregelmäßigen Verlauf der Leisten zurückschließen lässt. In die Zwischenräume zwischen den Leisten greift Bindegewebe ein nebst unzähligen feinen Blutkapillaren. Man kann desshalb in der stärkeren Ausbildung der frühzeitig angedeuteten äußeren Falten der Schmelzkappe die bessere Entwicklung einer Einrichtung erblicken, die für die Ernährung des Schmelzorgans von hoher Bedeutung ist.

Die oben geschilderte histologische Struktur des persistirenden Schmelzorgans lässt sich nicht durch dessen ganze Länge verfolgen; sowohl an seinem vorderen wie am hinteren Ende findet sich ein etwas modificirter Bau. Am Vorderende geht das Schmelzorgan in die Schleimhaut der Mundhöhle über, deren abgeplattetes Epithel eine ansehnliche Strecke in die Alveole selbst hereingreift. Eine scharfe Grenze zwischen den beiden Epithellagen lässt sich nicht erkennen, vielmehr geht das Schmelzorgan unter Verkürzung der Schmelzzellen und Abnahme seines Dickendurchmessers ganz allmählich in das geschichtete Plattenepithel über. Die Zone, an der alle histologischen Bestandtheile des Schmelzorgans deutlich ausgebildet sind, liegt tief in der Alveolenhöhle. Hart am Grunde der Papille verliert das Schmelzorgan seine typische Gliederung, da seine Zellen in einer an die frühere embryonale Anlage erinnernden Stellung verharren und der Umschlagsrand der Schmelzkappe auch bei alten Thieren erhalten bleibt. Letzterer umgreift als allseitig geschlossener Ring die Papille sowohl an der ventralen wie dorsalen Hälfte, ist jedoch an der Dorsalseite schwächer entwickelt als ventral. Von demselben geht wahrscheinlich im späteren Leben des Thieres die Vergrößerung des Zahnsäckchens aus, die mit dem Wachsthum der Kiefer nothwendig wird.

IV. Das Dentin und Alveolarperiost.

In den vorhergehenden Abschnitten bin ich auf die Ausbildung des Dentins, welches ja die größte Masse des Schneidezahnes ausmacht, nicht näher eingegangen, da ich hier keine bemerkenswerthen Verhältnisse fand, sondern nur Vorgänge, die dem längst bekannten Process der Zahnbeinbildung vollkommen analog sind.

Erst nachdem die Papille eine größere Länge erreicht hat, differenziren sich ihre Randzellen zu längeren, cylindrischen Formen, welche wie eine epitheliale Lage das unterliegende Blutgefäße und Nerven führende Bindegewebe umhüllen. Dann beginnt die Ablagerung von Kalk und so ist der Anstoß zur Ausbildung der Dentinröhrchen gegeben.

Der zuerst verknöchernde Theil wird wohl immer die Spitze des Zahnes sein, weil dieselbe am ersten mit der Außenwelt in Berührung tritt. Während sich nun die Dentinbildung von hier aus peripherisch nach hinten erstreckt, greift sie am Vorderende der Papille bis zur Achse und macht die Zahnspitze solid.

Das Zahnsäckchen umgeben schon in früher Zeit die verästelten Mesodermzellen der Unterkieferanlage in dicht gedrängter Stellung, jedoch ohne dass ein bestimmtes Gesetz der Ordnung zu walten scheint. Später entfernen sich die Mesodermzellen weiter von einander und in den größeren Maschen liegen nun zahlreiche Blutgefäße. Die Bindegewebszüge verlaufen nicht peripher um das Zahnsäckchen, sondern sind parallel der Längsachse desselben gerichtet. Sie stehen an seiner dorsalen Fläche auffallend dichter als an der ventralen: dieses Verhalten wird während des ganzen Lebens gewahrt. Von den beiden seitlichen und der dorsalen Fläche des Schneidezahnes bezw. von der hier persistirenden platten Zellmembran der Schmelzkappe ziehen die Periostfasern straff gespannt und dicht gedrängt in schräger Richtung zur knöchernen Wand der Alveole. Unterhalb des bleibenden Schmelzorgans jedoch werden die Bindegewebsfasern von keiner bestimmten Ordnung beherrscht, sondern verwirren sich zu einem wabenartigen Geflechte mit großen Maschenräumen, in welche theils die Stützleisten des Schmelzorgans, theils unzählige kleine Blutgefäße sich einbetten. So liegt das Schmelzorgan auf einem weichen, nachgiebigen Polster, dessen Elasticität je nach dem Grade der Blutfüllung wechseln kann.

V. Allgemeine Betrachtungen über das Wachsthum der Nagezähne.

Für das fortwährende Wachsthum der Schneidezähne sind bisher mehrfache Einrichtungen bekannt geworden, die sich klar bereits in der histologischen Struktur der Zahnanlage aussprechen, nämlich eine offene Wurzel, ein persistirendes Schmelzorgan, die bis nahe an die Krone reichende Zahnpapille und im Grunde der Zahnpapille der ringförmige Umschlagsrand der Schmelzkappe, die straffen Periostfaserlagen an der oberen Seite des Zahnes und das weiche Bindegewebspolster unter dem Schmelzorgan. Auf Grund der Kenntnis dieser anatomischen Einrichtungen glaubte man die ungeschwächte Regenerationsfähigkeit der Zähne verständlich machen zu können: allein es soll hier ausdrücklich bemerkt werden, dass damit noch lange nicht das volle Verständnis der am Zahn stattfindenden, lebendigen Wachsthumsvorgänge errungen ist. Denn es ist noch nicht nachgewiesen, an welchen Punkten innerhalb der Alveole die Processe verlaufen, durch welche neue Theile dem vorschiebenden Zahn angefügt werden. Nach dem anatomischen Befunde kann man wohl vermuthen, dass die Schmelzzellen des Schmelzorgans nahe dem Umschlagsrande eine mehr erhöhte Thätigkeit äußern, als ihre dem Alveolenrande benachbarten Genossinnen, dass also die Schmelzdecke des Nagezahnes nahe seiner Wurzel gebildet werde. Diesen Schluss leite ich aus der hochcylindrischen Form der Schmelzzellen am Grunde des Schmelzorgans ab. Hingegen müssen die Odontoblasten sowohl am Wurzelende wie auf der Spitze der Papille mit besonderer Energie begabt sein; denn um das Vorrücken des Schneidezahnes innerhalb der Alveole zu verstehen, muss man eine durchgreifende Verknöcherung der Papille unterhalb der Schneide und die Anfügung neuer Odontoblasten am Grunde der Zahnpapille annehmen. Ferner muss man die straffen Periostfaserlagen an der dorsalen und ventralen Seite des Zahnsäckchens und die gebogene Form des Zahnes selbst berücksichtigen. Es bedarf darum noch viel eingehenderer Untersuchungen, um das Problem des fortwährenden Wachsthums der Schneidezähne einer vollständigen Lösung zuzuführen. Ich will zum Schluss noch verschiedene Punkte hervorheben, welche hierbei eine größere Beachtung verdienen.

v. Brunn ist der Ansicht, dass die Schmelzkappe nur die Matrize für die Form des Zahnes darstelle und leicht zu Grunde gehen

könne, wenn sich die Odontoblasten auf der Zahnpapille zurecht gelegt haben. Er giebt an, dass von der Schmelzkappe eine Verlängerung, die er mit Hertwig »Epithelscheide der Zahnwurzel« nennt, in die Tiefe wachse und das Bindegewebe der Pulpa umhülle. Da sich dann erst in der letzteren die Odontoblasten differenziren, so bestimme die Epithelscheide die Form der Wurzel. Die Epithelscheide wird nach seiner Angabe später vom Bindegewebe durchwachsen, so dass der tiefste Theil derselben seinen Zusammenhang mit dem Schmelzepithel der Krone einbüßt und sich ohne Grenze in das neugebildete Alveolodentalperiost verliert. Unterdessen ist das Wachsthum der Epithelscheide in das Gewebe des Kiefers weitergegangen, bis sie die eigentliche Wurzelspitze erreicht hat. Nun ist die Form der Zahnwurzel fertig gebildet und die Epithelscheide schwindet gänzlich. Diesen Vorgang hat v. Brunn nicht nur bei der Ratte, sondern auch bei Hund, Katze und Kalb beobachtet. Er glaubt in demselben eine verbreitete Erscheinung gefunden zu haben und schließt daraus auf ein gleiches Verhalten der Schmelzkappe an den Schneidezähnen der Ratte zurück. Ich habe bereits in der vorhergehenden Darstellung darauf hingewiesen, dass ich der von v. Brunn geäußerten Meinung nicht beistimmen kann und ich will jetzt zeigen, dass die Annahme von der Persistenz der ganzen Schmelzkappe unbedingt nothwendig ist, um das dauernde Wachsthum der Schneidezähne zu verstehen.

Zunächst wird wohl ohne Widerspruch zugegeben, dass man für die Formgestaltung des Zahnes nicht einseitig die ektodermale Schmelzkappe verantwortlich machen kann; denn die Dentinbildung an der Zahnpapille ist doch auch von großer Wichtigkeit für den Bau des Zahnes und für die Behauptung, dass die Ordnung der Odontoblasten zu einem epithelähnlichen Lager durch den Einfluss der Schmelzkappe geschehe, liegt kein zwingender Grund vor. Auch erfolgt die Dentinbildung an der dorsalen Hälfte des Schneidezahnes, nachdem die Schmelzkappe sich hier längst zu einer flachen Membran abgeplattet hat. Es scheint mir darum kein Grund vorhanden, der Zahnpapille nicht eine eben so wichtige Rolle bei der Zahnentwicklung zuzusprechen, wie sie dem Schmelzorgan zugestanden wird und man wird der Wahrheit wohl näher kommen, wenn man beide Theile der primitiven Zahnanlage von gleicher Bedeutung für die Ausbildung des fertigen Zahnes erachtet.

Indem ich mich jetzt zur Besprechung der Frage wende, welche Wichtigkeit die Erhaltung der ganzen Schmelzglocke während des

Lebens für das Wachsthum der Schneidezähne besitze, will ich nur kurz an bekannte Thatsachen erinnern. — Bekannt ist[1], dass der Schneidezahn der Nagethiere stets so stark nachwächst, als er vorn an der Krone abgenutzt wird. Wird nun die Abnutzung durch Entfernung des gegenständigen Zahnes unterbrochen, so wächst der eine Zahn ungehindert ins Unbestimmte fort und ragt dann in ungeheurer Bogenkrümmung aus dem Maule hervor, ein schöner Beweis für die wundervolle Correlation der im Ober- und Unterkiefer einander entgegenstehenden Nagezähne. Der Schneidezahn wächst also fortwährend mit einer bedeutenden Energie, die nur durch die stetige Abschleifung von Schmelz und Dentin an der Zahnspitze dem Beobachter unter normalen Verhältnissen nicht so stark in die Augen fällt und ihn erst, nachdem die Möglichkeit der Abnutzung durch den Bruch eines Gegners verschwunden ist, durch ihre Größe in Erstaunen setzt. Daraus erhellt, wie ungestört sich der Nagezahn innerhalb der Alveole und auf dem Schmelzorgan verschieben kann.

Mit dieser Thatsache ist aber die Vorstellung unvereinbar, dass der Schneidezahn an seinen nicht mit Schmelz bedeckten Flächen direkt mit dem Periost verwachsen sei. Denn dann müsste der nach vorwärts gerichteten Bewegung des Zahnes, welche wohl hauptsächlich durch die Verknöcherung der Odontoblasten an der Spitze und Proliferation neuer Dentinzellen am Grunde der Papille bewirkt wird, ein kräftiger Widerstand von Seiten der Periostfasern entgegengesetzt werden, der entweder zu einem Stillstand des Wachsthums oder zu einer Zerreißung der Periostfaserschichten führen müsste. Beide Möglichkeiten lassen sich jedoch in Wirklichkeit nicht beobachten. Desshalb scheint mir die Darstellung, die v. Brunn über die Befestigung des Zahnes innerhalb der Alveole gegeben hat, nicht annehmbar. Der dorsale Theil der Schmelzkappe muss, wenn auch in modificirter Form, erhalten bleiben, damit sich an demselben die Periostfasern inseriren und der Schneidezahn innerhalb der Schmelzkappe langsam vorgeschoben werden kann. Desshalb steckt er in einer, nur am vorderen und hinteren Ende offenen Röhre, d. h. der modificirten Schmelzkappe, die an der dorsalen und lateralen Fläche

---

[1] Vgl. A. Friedlowsky, Über Missbildungen von Säugethierzähnen. Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. Bd. LIX. 1. Abth. Märzheft 1869.
Claas Mulder, Over het Buitengewoon Uitgroeijen van de Snijtanden bij verschillende Knaagdieren. Versl. en Meded. kon. Akad. v. Wetensch. XVI. Amsterdam 1863.

durch Periostfasern mit der Knochenwand der Alveole fest verbunden und frei in deren Höhle aufgehangen ist.

Die untere Seite des Zahnsäckchens ist nur von einem weitmaschigen Bindegewebe umlagert, das als weiches Polster für das persistirende Schmelzorgan dient, dorsal und lateral setzen sich die Periostfasern an. Die Befestigung des Nagezahnes in der Alveole ist also eine sehr lockere und scheint Verschiebungen des Zahnes und dadurch Druckwirkungen nicht zu hindern; allein die Gefahr wird abgehalten durch die starke Krümmung des Zahnes, deren Bedeutung immer wieder hervorgehoben werden muss. Nach Giebel's[1] Untersuchungen besitzt der obere Schneidezahn eine Krümmung, welche dem größeren Abschnitt eines kleineren Kreises, und der untere Zahn eine Beugung, die dem kleineren Abschnitt eines größeren Kreises entspricht. Krause[2] hat, wahrscheinlich gestützt auf die Untersuchungen von Rymer Jones[3], diese Angabe dahin präcisirt, dass die Nagezähne in Wahrheit das Stück einer Spirale darstellen, die erst beim Auswachsen der Zähne unter pathologischen Verhältnissen besonders deutlich zu Tage trete. In der spiraligen Krümmung wie in der Länge des Nagezahnes sind nun mechanische Momente gegeben, welche es verhindern, dass durch die Thätigkeit der Zähne Druckwirkungen innerhalb der Alveole auf einzelne Bezirke des Schmelzorgans in störender Weise sich geltend machen. Beide garantiren also die ruhige Lage und das ungestörte Wachsthum der Zähne und lassen auch die scheinbar lockere Befestigung derselben verständlich werden.

Wie ich schon oben bemerkte, ist die Form der Nagezähne auch davon abhängig, dass sie stets auf einander treffen. Sobald durch den Verlust eines Schneidezahnes dies unmöglich wird, schleift sich das freie Ende des gegenüberstehenden Zahnes zu einer Spitze ab und wächst in rückwärts gerichteter Beugung aus dem Kiefer heraus. Da nun die Schneidezähne eine schräg nach hinten gerichtete Kaufläche besitzen, die sich stetig abschleift, so kann diese Form des Vorderendes nur gewahrt werden, wenn die unteren Schneidezähne alternirend entweder vor oder hinter den oberen eingreifen. Diese Variation der Bewegung ist durch die Gestalt der Gelenkfläche bezw. des Gelenkkopfes des Unterkiefergelenkes ermöglicht.

[1] Giebel, Beiträge zur Osteologie der Nagethiere. Berlin 1857.

[2] W. Krause, Anatomie des Kaninchens. Leipzig 1868. pag. 146—147.

[3] Rymer Jones, Todd's Cyclopaedia of anat. and physiol. 1852. vol. IV pag. 385 (war mir leider nicht zugänglich).

Aus dieser Zusammenstellung wird wohl klar geworden sein, dass das Problem, welche Momente bedingen das andauernde normale Wachsthum und die Form der Nagezähne, noch weit von seiner Lösung entfernt ist.

VI. Über den morphologischen Werth der Nagezähne.

Die vorhergehenden Untersuchungen haben gelehrt, dass der Schneidezahn in seiner Entwicklungsgeschichte nicht die gleiche Sonderstellung einnimmt, wie sie ihm nach seinem anatomischen Bau zugewiesen werden muss. Er theilt mit den Anlagen der Backzähne den schräg nach hinten gerichteten Verlauf der Schmelzkappe; in dieser differenziren sich eben so wie bei den Backzähnen der weißen Maus und den Zähnen anderer Säugethiere inneres und äußeres Schmelzepithel und das Stützepithel oder Stratum intermedium. Während das letztere bei anderen Säugethieren mehrfache Zelllagen besitzt — bei der Katze zähle ich mit Sicherheit drei Schichten — findet sich bei dieser Maus nur eine einfache Lage. Die übrige Masse der Stützzellen unterliegt jedoch bei den Nagezähnen nicht der bei anderen Zähnen gewöhnlichen Umbildung in ein wabenartiges Gallertgewebe, sondern wird — und das ist der hauptsächlichste Unterschied — in der ursprünglichen Schichtung erhalten. Die Schmelzkappe der Nagezähne, die nach der äußeren Form von anderen Zahnanlagen sich wesentlich unterscheidet, bleibt also in einer nur wenig veränderten, an frühe embryonale Verhältnisse anknüpfenden, histologischen Struktur während des ganzen Lebens erhalten.

Erhellt nun durch die Entwicklungsgeschichte, dass mehrfache Analogien zwischen Back- und Schneidezähnen im Gebiss der Nagethiere bestehen, so muss man genauer zusehen, ob nicht noch eine tiefer gehende Verwandtschaft zwischen den beiden Zahnarten sich nachweisen lasse. Dabei wird es nützlich sein, an dieser Stelle daran zu erinnern, dass bereits seit langer Zeit bei etlichen Familien der Rodentia Backzähne bekannt sind, die keine Wurzel bilden und eine weit geöffnete Pulpahöhle besitzen. Das sind die Nager mit Blätterzähnen, von denen ich nur die Familie der Hasen, Meerschweinchen und Wühlmäuse anführen will. Es finden sich in der Litteratur zerstreut Angaben, dass diesen Blätterzähnen die Fähigkeit zukomme, durch länger dauerndes Wachsthum die abgemahlenen Theile der oberen Kaufläche wieder zu ersetzen; allein ein genauerer

Nachweis wurde für die Behauptung nicht erbracht, welche aus dem anatomischen Befunde einer offenen Wurzelhöhle allein abgeleitet wurde. Eben so ward bereits mehrmals betont, dass Backzähne mit geschlossenen Wurzeln diesen Ausbildungszustand erst in einem relativ späten Lebensalter erreichen, also längere Zeit nach der Geburt zu wachsen vermögen.

Es entsteht nun die Frage, ob die oben angeführten Ansichten älterer Forscher, wie es bei der Exaktheit ihrer Untersuchung zu erwarten ist, sich mit den modernen Hilfsmitteln bestätigen lassen, und wir werden das Ergebnis der Untersuchung als bekräftigend betrachten, sobald der Nachweis gelungen ist, dass bei den wurzellosen Backzähnen der Nagethiere ein persistirendes Schmelzorgan vorhanden ist; denn nach der vorhergehenden Darstellung kann man sich nur unter dieser Voraussetzung ein länger dauerndes Wachsthum der Backzähne denken.

Solche Überlegungen veranlassten mich, dem Bau der Backzähne eine besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden und schon die ersten Querschnitte ergaben ein Resultat, welches überzeugend für die Richtigkeit des Gedankenganges sprach. Die Backzähne von Arvicola amphibius Desm., der Schermaus und vom Lemming, Myodes lemmus Pall., besitzen wirklich innerhalb ihrer Alveolen ein persistirendes Schmelzorgan, das den mit Schmelz bedeckten Seitenflächen der Backzähne innig anliegt. Bekanntlich bestehen die Backzähne der Wühlmäuse (Arvicolidae) aus zickzackförmig gebogenen Schmelzlamellen, oder besser gesagt, die Backzähne sind aus mehreren dreiseitigen, mit Schmelz bedeckten Prismen zusammengesetzt. An letzteren liegt eben so wie bei den Schneidezähnen ein wohlausgebildetes Schmelzorgan, das einen gleichen histologischen Aufbau erkennen lässt: lange cylindrische Schmelzzellen, das unterliegende Stützepithel und die unregelmäßig verlaufenden Stützleisten. Nur das unterhalb des ganzen Schmelzorgans liegende, weitmaschige Bindegewebspolster ist bei den Backzähnen wenig entwickelt. Ferner wird niemals der ganze Backzahn von einem allseitig geschlossenen Schmelzorgan umhüllt, sondern nur enger begrenzte Theile seiner Seitenflächen. Auch diese Thatsache entspricht vollständig den am Nagezahn bestehenden Verhältnissen; hier wie dort verliert an genau bestimmbaren Flächen das Schmelzepithel seine Funktion als Schmelzbildner und dient als dünne Membran abgeplatteter Zellen einzig der Insertion der Periostfasern. Am Grunde der Alveole ist eben so deutlich der Umschlagsrand der Schmelzkappe erhalten geblieben.

Durch diesen Nachweis scheint sich eine bedeutsame Homologie zwischen den Schneide- und Backzähnen der Nagethiere zu ergeben. Denn da bei gewissen Arten nicht nur die Schneidezähne, sondern auch alle Backzähne mit der Fähigkeit ausgestattet sind, die abgenutzten Theile ununterbrochen zu ersetzen, so liegt die Annahme nahe, dass die Nagezähne im Allgemeinen nicht die ihnen früher eingeräumte Sonderstellung verdienen. Sie würden so nur als besonders stark entwickelte Glieder eines ursprünglichen Gebisses erscheinen, dessen sämmtliche Zähne sich fortwährend regeneriren konnten.

Ich muss mir jedoch die Erörterung dieses Gedankenganges versagen, weil meine Untersuchungen sich nicht auf genügend viele Arten erstrecken konnten. Andere Ursachen, die in meiner beruflichen Stellung begründet sind, zwangen mich, die mir lieb gewordene Arbeit früher aufzugeben, als es meiner Neigung entsprach.

Die zu dieser Arbeit gehörende **Tafel XVII** nebst **Erklärung** befindet sich im »Morpholog. Jahrbuch« XV. Bd. 3. Heft.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.